

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7568076号
(P7568076)

(45)発行日 令和6年10月16日(2024.10.16)

(24)登録日 令和6年10月7日(2024.10.7)

(51)国際特許分類	F I		
B 2 3 B 27/14 (2006.01)	B 2 3 B 27/14	A	
B 2 3 P 15/28 (2006.01)	B 2 3 P 15/28	A	
C 2 3 C 16/42 (2006.01)	C 2 3 C 16/42		
C 2 3 C 16/36 (2006.01)	C 2 3 C 16/36		

請求項の数 8 (全29頁)

(21)出願番号	特願2023-517110(P2023-517110)	(73)特許権者	000002130
(86)(22)出願日	令和4年3月4日(2022.3.4)		住友電気工業株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/009464		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(87)国際公開番号	WO2022/230363	(74)代理人	110001195
(87)国際公開日	令和4年11月3日(2022.11.3)		弁理士法人深見特許事務所
審査請求日	令和5年7月28日(2023.7.28)	(72)発明者	パサート アノンサック
(31)優先権主張番号	特願2021-78030(P2021-78030)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
(32)優先日	令和3年4月30日(2021.4.30)	(72)発明者	小野 聡
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
		(72)発明者	岡村 克己
			大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 切削工具及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基材と、前記基材上に配置された被膜とを含む切削工具であって、
前記被膜は、硬質粒子からなる硬質粒子層を備え、
前記硬質粒子は、第1単位層と第2単位層とが交互に積層された多層構造を含み、
前記第1単位層は、立方晶構造を有する第1化合物からなり、
前記第2単位層は、立方晶構造を有する第2化合物からなり、
前記第1化合物及び前記第2化合物は、同一の化合物からなり、
前記同一の化合物は、 $TiSiCN$ 、 $TiSiCBN$ 、 $TiZrSiCN$ 、 $TiVSiCN$ 、または、 $TiCrSiCN$ からなり、
前記第1単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、前記珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ は、5.3%以上10.0%以下であり、
前記第2単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、前記珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ は、0.5%以上2.0%以下であり、
前記第1単位層における前記百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ と、前記第2単位層における前記百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ との差は、4%以上8%以下であり、
前記多層構造における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、

前記珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均は、2%以上7%以下であり、

前記多層構造の周期幅の平均は、5 nm以上10 nm以下である、切削工具。

【請求項 2】

前記第 1 単位層及び前記第 2 単位層は、同一の結晶方位を有する、請求項 1 に記載の切削工具。

【請求項 3】

前記硬質粒子層の厚さは、 $3 \mu m$ 以上 $15 \mu m$ 以下であり、

前記被膜の厚さは、 $3 \mu m$ 以上 $30 \mu m$ 以下である、請求項 1 または請求項 2 に記載の切削工具。

10

【請求項 4】

前記被膜は、前記基材と前記硬質粒子層との間に配置される下地層を備え、

前記下地層は、第 3 化合物からなり、

前記第 3 化合物は、

周期表の 4 族元素、5 族元素、6 族元素及びアルミニウムからなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、からなる、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

【請求項 5】

前記被膜は、前記基材の直上に配置される下地層を含み、

前記下地層は、 TiN 層、 TiC 層、 $TiCN$ 層、 $TiBN$ 層及び Al_2O_3 層からなる群より選択される少なくとも 1 種からなる、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

20

【請求項 6】

前記被膜は、その最表面に配置される表面層を備え、

前記表面層は、第 4 化合物からなり、

前記第 4 化合物は、

周期表の 4 族元素、5 族元素、6 族元素及びアルミニウムからなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、からなる、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

30

【請求項 7】

前記被膜は、前記下地層と前記硬質粒子層との間に配置される中間層を有する、請求項 4 又は請求項 5 に記載の切削工具。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の切削工具の製造方法であって、

基材を準備する第 1 工程と、

前記基材上に被膜を形成して切削工具を得る第 2 工程と、を備え、

前記第 2 工程は、CVD法により硬質粒子からなる硬質粒子層を形成する第 2 a 工程を含み、

40

前記第 2 a 工程は、第 1 原料ガス、第 2 原料ガス及び第 3 原料ガスを前記基材の表面に向かって噴出する第 2 a - 1 工程を含み、

前記第 1 原料ガスは、チタン、ジルコニウム、バナジウム、および、クロムからなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

前記第 2 原料ガスは、 $SiCl_4$ であり、

前記第 3 原料ガスは、炭素、窒素、および、硼素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

前記第 1 原料ガスは、ノズルに設けられた複数の第 1 噴射孔から噴出され、

前記第 2 原料ガスは、前記ノズルに設けられた複数の第 2 噴射孔から噴出され、

前記第 3 原料ガスは、前記ノズルに設けられた複数の第 3 噴射孔から噴出され、

50

前記第 2 a - 1 工程において、前記ノズルは回転し、
前記複数の第 2 噴射孔は、第 2 - 1 噴射孔と、第 2 - 2 噴射孔と、を含み、
前記第 2 - 1 噴射孔の径 r_1 は、前記第 2 - 2 噴射孔の径 r_2 と異なる、切削工具の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、切削工具及びその製造方法に関する。本出願は、2021年4月30日に出願した日本特許出願である特願2021-078030号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

10

【背景技術】

【0002】

従来、切削工具の耐摩耗性を向上させるために、基材上にTiSiCN膜が形成された切削工具が開発されている。

【0003】

特許文献1には、熱CVD法により製造された TiC_xN_{1-x} のナノ結晶層及び非晶質 SiC_xN_y の第二の相を含むナノ複合被膜が開示されている。

【0004】

特許文献2には、熱CVD法により製造された立方晶オキシ炭窒化チタンからなる第1のナノ結晶相と、オキシ炭窒化ケイ素またはオキシ炭化ケイ素からなる第2の非晶質相とを含む少なくとも1つのナノコンポジット層が開示されている。

20

【0005】

非特許文献1には、PVD法により形成されたナノコンポジット構造からなるTiSiCN被膜が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特表2015-505902号公報

【0007】

【文献】特表2020-507679号公報

30

【非特許文献】

【0008】

【文献】Shinya Imamura et al., "Properties and cutting performance of AlTiCrN/TiSiCN bilayer coatings deposited by cathodic-arc ion plating", Surface and Coatings Technology, 202, (2007), 820-825

【発明の概要】

【0009】

本開示の切削工具は、
基材と、前記基材上に配置された被膜とを含む切削工具であって、
前記被膜は、硬質粒子からなる硬質粒子層を備え、
前記硬質粒子は、第1単位層と第2単位層とが交互に積層された多層構造を含み、
前記第1単位層は、立方晶構造を有する第1化合物からなり、
前記第2単位層は、立方晶構造を有する第2化合物からなり、
前記第1化合物及び前記第2化合物のそれぞれは、
周期表の4族元素、5族元素、及び6族元素からなる群より選ばれる1種以上の金属元素と、

40

珪素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる1種以上の元素と、からなり、

50

前記第 1 単位層における前記金属元素及び前記珪素の原子数の合計に対する前記珪素の原子数の百分率は、前記第 2 単位層における前記金属元素及び前記珪素の原子数の合計に対する前記珪素の原子数の百分率と異なる、切削工具である。

【 0 0 1 0 】

本開示の切削工具の製造方法は、

上記の切削工具の製造方法であって、

基材を準備する第 1 工程と、

前記基材上に被膜を形成して切削工具を得る第 2 工程と、を備え、

前記第 2 工程は、CVD 法により硬質粒子からなる硬質粒子層を形成する第 2 a 工程を含み、

前記第 2 a 工程は、第 1 原料ガス、第 2 原料ガス及び第 3 原料ガスを前記基材の表面に向かって噴出する第 2 a - 1 工程を含み、

前記第 1 原料ガスは、周期表の 4 族元素、5 族元素及び 6 族元素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

前記第 2 原料ガスは、SiCl₄であり、

前記第 3 原料ガスは、炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

前記第 1 原料ガスは、ノズルに設けられた複数の第 1 噴射孔から噴出され、

前記第 2 原料ガスは、前記ノズルに設けられた複数の第 2 噴射孔から噴出され、

前記第 3 原料ガスは、前記ノズルに設けられた複数の第 3 噴射孔から噴出され、

前記第 2 a - 1 工程において、前記ノズルは回転し、

前記複数の第 2 噴射孔は、第 2 - 1 噴射孔と、第 2 - 2 噴射孔と、を含み、

前記第 2 - 1 噴射孔の径 r₁ は、前記第 2 - 2 噴射孔の径 r₂ と異なる、切削工具の製造方法である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】図 1 は、実施形態 1 に係る切削工具の断面の一例を示す模式図である。

【図 2】図 2 は、実施形態 1 に係る切削工具の断面の他の一例を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、実施形態 1 に係る切削工具の断面の他の一例を示す模式図である。

【図 4】図 4 は、実施形態 1 に係る切削工具の断面の他の一例を示す模式図である。

【図 5】図 5 は、実施形態 1 に係る切削工具の硬質相粒子層の断面の明視野走査電子顕微鏡 (BF-SEM) 像である。

【図 6】図 6 は、図 5 に示された領域 A 内において撮影された電子回折像である。

【図 7】図 7 は、図 5 に示された矢印方向に沿った金属元素 (チタン) の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 { A_{Si} / (A_{Si} + A_M) } × 100 の変化を示すグラフである。

【図 8】図 8 は、図 5 に示された領域 A に対してフーリエ変換を行って得られるフーリエ変換像である。

【図 9】図 9 は、図 8 のフーリエ変換像の四角枠内の強度プロファイルを示すグラフである。

【図 10】図 10 は、実施形態 2 に係る切削工具の製造に用いられる CVD 装置の一例の模式的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

[本開示が解決しようとする課題]

近年、工具寿命の向上への要求が益々高まり、特に、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、工具寿命の更なる向上が求められている。

【 0 0 1 3 】

そこで、本目的は、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、長い工具寿命を有することができる切削工具を提供することを目的とする。

[本開示の効果]

【0014】

本開示によれば、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、長い工具寿命を有することができる切削工具を提供することが可能となる。

【0015】

[本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

(1) 本開示の切削工具は、

基材と、前記基材上に配置された被膜とを含む切削工具であって、

前記被膜は、硬質粒子からなる硬質粒子層を備え、

前記硬質粒子は、第1単位層と第2単位層とが交互に積層された多層構造を含み、

前記第1単位層は、立方晶構造を有する第1化合物からなり、

前記第2単位層は、立方晶構造を有する第2化合物からなり、

前記第1化合物及び前記第2化合物のそれぞれは、

周期表の4族元素、5族元素、及び6族元素からなる群より選ばれる1種以上の金属元素と、

珪素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる1種以上の元素と、からなり、

前記第1単位層における前記金属元素及び前記珪素の原子数の合計に対する前記珪素の原子数の百分率は、前記第2単位層における前記金属元素及び前記珪素の原子数の合計に対する前記珪素の原子数の百分率と異なる、切削工具である。

【0016】

本開示によれば、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、長い工具寿命を有することができる切削工具を提供することが可能となる。

【0017】

(2) 前記第1単位層及び前記第2単位層は、同一の結晶方位を有することが好ましい。これによると、界面エネルギーを極小化することが可能になり、高温環境に晒されても硬度が低下しにくい。

【0018】

(3) 前記第1単位層及び前記第2単位層のそれぞれにおいて、前記金属元素及び前記珪素の原子数の合計に対する前記珪素の原子数の百分率は、0.5%以上10%以下であることが好ましい。これによると、被膜の耐熱亀裂性、及び、硬質粒子層と隣接する層との密着性がバランス良く向上する。

【0019】

(4) 前記硬質粒子層の厚さは、3 μm 以上15 μm 以下であり、

前記被膜の厚さは、3 μm 以上30 μm 以下であることが好ましい。

【0020】

これによると、被膜の耐摩耗性及び耐欠損性がバランス良く向上する。

【0021】

(5) 前記第1単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ と、前記第2単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ との差は、0.5%以上10%以下であることが好ましい。これによると、被膜の硬度が向上する。

【0022】

(6) 前記被膜は、前記基材と前記硬質粒子層との間に配置される下地層を備え、

前記下地層は、第3化合物からなり、

前記第3化合物は、

周期表の4族元素、5族元素、6族元素及びアルミニウムからなる群より選ばれる1種以上の元素と、

10

20

30

40

50

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、からなる、ことが好ましい。

【0023】

これによると、被膜と基材との密着性が向上し、耐摩耗性も向上する。

【0024】

(7) 前記被膜は、前記基材の直上に配置される下地層を含み、

前記下地層は、TiN層、TiC層、TiCN層、TiBN層及びAl₂O₃層からなる群より選択される少なくとも 1 種からなることが好ましい。

【0025】

下地層として基材の直上にTiN層、TiC層、TiCN層、TiBN層を配置することにより、基材と被膜との密着性を高めることができる。また、下地層としてAl₂O₃層を用いることにより、被膜の耐酸化性を高めることができる。

10

【0026】

(8) 前記被膜は、その最表面に配置される表面層を備え、

前記表面層は、第 4 化合物からなり、

前記第 4 化合物は、

周期表の 4 族元素、5 族元素、6 族元素及びアルミニウムからなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、からなる、ことが好ましい。

20

【0027】

これによると、被膜の耐熱亀裂性及び耐摩耗性が向上する。

【0028】

(9) 前記被膜は、前記下地層と前記硬質粒子層との間に配置される中間層を有することが好ましい。これによると、被膜の耐摩耗性が向上する。

【0029】

(10) 本開示の切削工具の製造方法は、

上記の切削工具の製造方法であって、

基材を準備する第 1 工程と、

前記基材上に被膜を形成して切削工具を得る第 2 工程と、を備え、

30

前記第 2 工程は、CVD法により硬質粒子からなる硬質粒子層を形成する第 2 a 工程を含み、

前記第 2 a 工程は、第 1 原料ガス、第 2 原料ガス及び第 3 原料ガスを前記基材の表面に向かって噴出する第 2 a - 1 工程を含み、

前記第 1 原料ガスは、周期表の 4 族元素、5 族元素及び 6 族元素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

前記第 2 原料ガスは、SiCl₄であり、

前記第 3 原料ガスは、炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

前記第 1 原料ガスは、ノズルに設けられた複数の第 1 噴射孔から噴出され、

40

前記第 2 原料ガスは、前記ノズルに設けられた複数の第 2 噴射孔から噴出され、

前記第 3 原料ガスは、前記ノズルに設けられた複数の第 3 噴射孔から噴出され、

前記第 2 a - 1 工程において、前記ノズルは回転し、

前記複数の第 2 噴射孔は、第 2 - 1 噴射孔と、第 2 - 2 噴射孔と、を含み、

前記第 2 - 1 噴射孔の径 r₁ は、前記第 2 - 2 噴射孔の径 r₂ と異なる、切削工具の製造方法である。

【0030】

本開示によれば、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、長い工具寿命を有することができる切削工具を提供することが可能となる。

【0031】

50

〔本開示の実施形態の詳細〕

本発明者らは、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても長い工具寿命を有する切削工具を開発するにあたり、従来の切削工具で高硬度耐熱ステンレスのフライス加工を行い、工具の損傷状態を観察した。

【0032】

特許文献1及び特許文献2の工具を用いて高硬度耐熱ステンレスのフライス加工を行った場合、ナノ複合被膜又はナノコンポジット被膜と下地層との界面で、切削加工時の熱負荷で生じる熱亀裂が進展し、界面の剥離が生じていることが確認された。これは、結晶性を有する下地層と、ナノ複合被膜又はナノコンポジット被膜との界面の整合性が不十分であるためと推察される。

10

【0033】

非特許文献1の工具を用いて高硬度耐熱ステンレスのフライス加工を行った場合、TiSiCN被膜の自己破壊が確認された。これは、TiSiCN被膜がPVD法により形成されているため、TiSiCN被膜の圧縮残留応力が大きいためと推察される。

【0034】

本発明者らは、上記の知見をもとに鋭意検討の結果、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、長い工具寿命を有する切削工具を得た。本開示の切削工具及びその製造方法の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。本開示の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表すものである。また、長さ、幅、厚さ、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜変更されており、必ずしも実際の寸法関係を表すものではない。

20

【0035】

本明細書において「A～B」という形式の表記は、範囲の上限下限（すなわちA以上B以下）を意味し、Aにおいて単位の記載がなく、Bにおいてのみ単位が記載されている場合、Aの単位とBの単位とは同じである。

【0036】

本明細書において化合物などを化学式で表す場合、原子比を特に限定しないときは従来公知のあらゆる原子比を含むものとし、必ずしも化学量論的範囲のもののみに限定されるべきではない。たとえば「TiSiCN」と記載されている場合、TiSiCNを構成する原子数の比は、従来公知のあらゆる原子比が含まれる。

30

【0037】

本開示において、数値範囲下限及び上限として、それぞれ1つ以上の数値が記載されている場合は、下限に記載されている任意の1つの数値と、上限に記載されている任意の1つの数値との組み合わせも開示されているものとする。例えば、下限として、a1以上、b1以上、c1以上が記載され、上限としてa2以下、b2以下、c2以下が記載されている場合は、a1以上a2以下、a1以上b2以下、a1以上c2以下、b1以上a2以下、b1以上b2以下、b1以上c2以下、c1以上a2以下、c1以上b2以下、c1以上c2以下が開示されているものとする。

【0038】

〔実施形態1：切削工具〕

40

本開示の一実施形態（以下、「本実施形態」とも記す。）の切削工具は、基材と、該基材上に配置された被膜とを含む切削工具であって、該被膜は、硬質粒子からなる硬質粒子層を備え、該硬質粒子は、第1単位層と第2単位層とが交互に積層された多層構造を含み、該第1単位層は、立方晶構造を有する第1化合物からなり、該第2単位層は、立方晶構造を有する第2化合物からなり、該第1化合物及び該第2化合物のそれぞれは、周期表の4族元素、5族元素、及び6族元素からなる群より選ばれる1種以上の金属元素と、

珪素と、

50

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる１種以上の元素と、からなり、

該第１単位層における該金属元素及び該珪素の原子数の合計に対する該珪素の原子数の百分率は、該第２単位層における該金属元素及び該珪素の原子数の合計に対する該珪素の原子数の百分率と異なる、切削工具である。

【００３９】

本明細書において、周期表の４族元素は、チタン（Ｔｉ）、ジルコニウム（Ｚｒ）及びハフニウム（Ｈｆ）を含み、５族元素は、バナジウム（Ｖ）、ニオブ（Ｎｂ）及びタンタル（Ｔａ）を含み、６族元素は、クロム（Ｃｒ）、モリブデン（Ｍｏ）及びタングステン（Ｗ）を含む。

【００４０】

本実施形態の切削工具は、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工においても、長い工具寿命を有することができる。この理由は明らかではないが、以下（ｉ）～（ｉｉｉ）の通りと推察される。

【００４１】

（ｉ）本実施形態の切削工具において、被膜は、硬質粒子からなる硬質粒子層を備える。該硬質粒子層はその厚み方向において粒状組織からなる領域を有することができる。これにより、硬質粒子層の靱性が向上し、被膜の表面に切削に伴う熱亀裂が発生したとしても、その亀裂の基材への進行が効果的に抑制される。また、被膜が硬質粒子層以外の他の層を含む場合であっても、硬質粒子層と他の層との結晶性の相違を小さくすることができるため、硬質粒子層と他の層との界面における亀裂の伝搬が抑制され、膜剥離が抑制される。よって、切削工具は長い工具寿命を有することができる。

【００４２】

（ｉｉ）本実施形態の切削工具において、硬質粒子は、組成の異なる第１単位層と第２単位層とが交互に積層された多層構造を含む。これによると、硬質粒子内に歪みが生じ、被膜の表面に切削に伴う亀裂が発生したとしても、その亀裂の基材への進展が効果的に抑制される。また、硬質粒子及び硬質粒子層の硬度が高くなり、切削工具の耐摩耗性が向上する。また、よって、切削工具は長い工具寿命を有することができる。

【００４３】

（ｉｉｉ）本実施形態の切削工具において、第１化合物及び第２化合物のそれぞれは立方晶構造を有し、

周期表の４族元素、５族元素、及び６族元素からなる群より選ばれる１種以上の金属元素と、

珪素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる１種以上の元素と、からなる。

上記の第１化合物及び第２化合物は硬度が高い。よって、第１化合物及び第２化合物を含む硬質粒子層は硬度が高く、優れた耐摩耗性を有する。よって、切削工具は長い工具寿命を有することができる。

【００４４】

< 切削工具 >

図１に示されるように、本実施形態の切削工具１は、基材１０と、該基材１０上に配置された被膜１５とを備える。図１では、該被膜１５が硬質粒子層１１のみから構成される場合を示している。被膜１５は、基材の切削に關与する部分の少なくとも一部を被覆することが好ましく、基材の全面を被覆することが更に好ましい。基材の切削に關与する部分とは、基材表面において、刃先稜線からの距離が５００μｍ以内の領域を意味する。基材の一部がこの被膜で被覆されていなかったり被膜の構成が部分的に異なっていたりしていたとしても、本開示の範囲を逸脱するものではない。

【００４５】

< 切削工具の種類 >

本開示の切削工具は、例えば、ドリル、エンドミル（例えば、ボールエンドミル）、ドリル用刃先交換型切削チップ、エンドミル用刃先交換型切削チップ、フライス加工用刃先

10

20

30

40

50

交換型切削チップ、旋削加工用刃先交換型切削チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップ等であり得る。

【0046】

< 基材 >

基材10は、すくい面と逃げ面とを含み、この種の基材として従来公知のものであればいずれも使用することができる。例えば、超硬合金（例えば、炭化タングステンとコバルトとを含むWC基超硬合金、該超硬合金はTi、Ta、Nbなどの炭窒化物を含むことができる）、サーメット（TiC、TiN、TiCNなどを主成分とするもの）、高速度鋼、セラミックス（炭化チタン、炭化ケイ素、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムなど）、立方晶型窒化ホウ素焼結体またはダイヤモンド焼結体のいずれかであることが好ましい。

10

【0047】

これらの各種基材の中でも、炭化タングステンとコバルトとを含む超硬合金からなり、該超硬合金中のコバルトの含有率は、6質量%以上11質量%以下である基材が好ましい。これによると、高温における硬度と強度のバランスに優れ、上記用途の切削工具の基材として優れた特性を有している。基材としてWC基超硬合金を用いる場合、その組織中に遊離炭素、ならびにη相またはε相と呼ばれる異常層などを含んでいてもよい。

【0048】

さらに基材は、その表面が改質されていてもよい。例えば超硬合金の場合、その表面に脱β層が形成されていたり、サーメットの場合に表面硬化層が形成されていてもよい。基材は、その表面が改質されていても所望の効果が示される。

20

【0049】

切削工具が刃先交換型切削チップなどである場合、基材は、チップブレイカーを有しても、有さなくてもよい。刃先稜線部の形状は、シャープエッジ（すくい面と逃げ面とが交差する稜）、ホーニング（シャープエッジに対してアールを付与したもの）、ネガランド（面取りをしたもの）、又は、ホーニングとネガランドを組み合わせたもの等、いずれも採用できる。

【0050】

< 被膜 >

（被膜の構成）

本実施形態の被膜は、硬質粒子層を含む。本実施形態の被膜は、硬質粒子層を含む限り、他の層を含んでいてもよい。

30

【0051】

例えば、図2の切削工具21に示されるように、被膜25は、硬質粒子層11に加えて、基材10と硬質粒子層11との間に配置される下地層12を含むことができる。

【0052】

図3の切削工具31に示されるように、被膜35は、硬質粒子層11及び下地層12に加えて、硬質粒子層11上に配置される表面層13を含むことができる。

【0053】

図4の切削工具41に示されるように、被膜45は、硬質粒子層11、下地層12、表面層13に加えて、下地層12と硬質粒子層11との間に配置される中間層14を含むことができる。

40

【0054】

硬質粒子層、下地層、中間層及び表面層の詳細については後述する。

【0055】

（被膜の厚さ）

本実施形態の被膜の厚さは、3μm以上30μm以下が好ましい。ここで、被膜の厚さとは、被膜全体の厚さを意味する。被膜全体の厚さが3μm以上であると、優れた耐摩耗性を有することができる。一方、被膜全体の厚さが30μm以下であると、切削加工時に、被膜と基材との間に大きな応力が加わった際の被膜の剥離または破壊の発生を抑制する

50

ことができる。被膜全体の厚さの下限は、耐摩耗性向上の観点から、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。被膜全体の厚さの上限は、被膜の剥離または破壊の発生を抑制する観点から、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。被膜全体の厚さは、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

【0056】

上記被膜の厚さは、例えば基材の表面の法線方向に平行な断面サンプルを得て、このサンプルを走査透過型電子顕微鏡 (STEM: Scanning Transmission Electron Microscope) で観察することにより測定される。該断面サンプルは、イオンスライサーなどを用いて加工された薄片サンプルである。走査透過型電子顕微鏡としては、例えば、日本電子株式会社製の JEM-2100F (商標) が挙げられる。測定条件は加速電圧 200 kV 及び電流量 0.3 nA とする。

10

【0057】

本明細書において「厚さ」といった場合、その厚さは平均厚さを意味する。具体的には、断面サンプルの観察倍率を 10000 倍とし、電子顕微鏡像中に (基材表面に平行な方向 $100\text{ }\mu\text{m}$) $\times$ (被膜の厚さ全体を含む距離) の矩形の測定視野を設定し、該視野において 10 箇所の厚み幅を測定し、その平均値を「厚さ」とする。下記に記載される各層の厚さ (平均厚さ) についても、同様に測定し、算出される。

【0058】

同一の試料において測定する限りにおいては、測定視野の選択箇所を変更して複数行っても、測定結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定視野を設定しても恣意的にはならないことが確認されている。

20

【0059】

< 硬質粒子層 >

(硬質粒子層の構成)

本実施形態の硬質粒子層は硬質粒子からなり、該硬質粒子は、第1単位層と第2単位層とが交互に積層された多層構造を含む。

【0060】

本実施形態の硬質粒子層は、不可避不純物として硬質粒子以外の構成、たとえば、アモルファス相、金属間化合物 (例えば TiSi_2 、 Co_2Si 等) を含んでいたとしても、本開示の効果を発揮する限りにおいて本開示の範囲を逸脱するものではない。

30

【0061】

(硬質粒子層の厚さ)

本実施形態の硬質粒子層の厚さは、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましい。硬質粒子層の厚さが $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上であると、優れた耐摩耗性を有することができる。一方、硬質粒子層の厚さが $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であると、切削加工時に、被膜と基材との間に大きな応力が加わった際の被膜の剥離または破壊の発生を抑制することができる。硬質粒子層の厚さの下限は、耐摩耗性向上の観点から、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。硬質粒子層の厚さの上限は、被膜の剥離または破壊の発生を抑制する観点から、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。硬質粒子層の厚さは、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

40

【0062】

第1単位層は、立方晶構造を有する第1化合物からなる。第2単位層は、立方晶構造を有する第2化合物からなる。第1化合物及び第2化合物が立方晶構造を有すると、優れた耐摩耗性を有すると共に高い靱性を両立できる。第1化合物及び第2化合物が立方晶構造を有することは、制限視野による電子線回折のパターン解析により確認することができる。

【0063】

第1化合物及び第2化合物のそれぞれは、

周期表の4族元素、5族元素、及び6族元素からなる群より選ばれる1種以上の金属元素と、

50

珪素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる１種以上の元素と、からなる。

ここで、第１化合物の組成と、第２化合物の組成とは異なる。より具体的には、第１化合物における金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率は、第２化合物における金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率と異なる。

【００６４】

本実施形態の第１化合物及び第２化合物は、不可避不純物を含んでいたとしても、本開示の効果を発揮する限りにおいて本開示の範囲を逸脱するものではない。

【００６５】

第１化合物及び第２化合物のそれぞれは、例えば、 $TiSiC$ 、 $TiSiN$ 、 $TiSiCN$ 、 $TiSiNO$ 、 $TiSiCNO$ 、 $TiSiBN$ 、 $TiSiBNO$ 、 $TiSiCBN$ 、 $ZrSiC$ 、 $ZrSiO_2$ 、 $HfSiC$ 、 $HfSiN$ 、 $TiCrSiN$ 、 $TiZrSiN$ 、 $CrSiN$ 、 $VSiN$ 、 $ZrSiCN$ 、 $ZrSiCNO$ 、 $ZrSiN$ 、 $NbSiC$ 、 $NbSiN$ 、 $NbSiCN$ などを挙げることができる。なお、第１化合物および第２化合物において、不可避不純物が含まれていても本開示の範囲を逸脱するものではない。

【００６６】

硬質粒子が第１単位層と第２単位層とが交互に積層された多層構造を含むことは、以下の（Ａ１）～（Ａ６）の方法で確認される。

【００６７】

（Ａ１）基材の法線に沿って切削工具をダイヤモンドワイヤーで切り出し、硬質粒子層の断面を露出させる。露出された断面に対して収束イオンビーム加工（以下、「ＦＩＢ加工」とも記す。）を行い、断面を鏡面状態とする。

【００６８】

（Ａ２）ＦＩＢ加工された断面を、明視野走査電子顕微鏡（ＢＦ－ＳＥＭ）を用いて観察し、１つの硬質粒子を特定する。次に、特定された１つの硬質粒子のＢＥ－ＳＴＥＭ像を得る。図５は、本実施形態の切削工具における１つの硬質粒子のＢＦ－ＳＴＥＭ像の一例を示す図である。

【００６９】

（Ａ３）上記ＢＦ－ＳＴＥＭ像の中で、白色で示される層と、黒色で示される層がそれぞれ１０層以上積層している領域を含むように測定領域（サイズ：１００ｎｍ×１００ｎｍ）を設定する。図５において、白色の枠線で囲まれた正方形の領域が、測定領域に該当する。

【００７０】

なお、図５において、黒色で示される層は、珪素の含有量の多い領域であり、白色で示される層は珪素の含有量の少ない領域である。

【００７１】

（Ａ４）上記ＢＦ－ＳＴＥＭ像中の測定領域内で、白色で示される層（以下、「白色層」とも記す。）と、黒色で示される層（以下、「黒色層」とも記す。）との積層方向を特定する。具体的には、制限視野領域の電子線回折パターンと、白色層と黒色層の積層方位を重ね合わせ、回折スポットが示す方位より積層方位特定する。図５に示された領域Ａ内において撮影された電子回折像を図６に示す。図５において、該積層方向は、白色矢印で示される。

【００７２】

（Ａ５）上記ＢＦ－ＳＴＥＭ像中の測定領域において、積層方向に沿って、ＳＥＭ付帯のＥＤＸ（エネルギー分散型Ｘ線分光法：Energy Dispersive X-ray Spectroscopy）によりライン分析を行い、組成を測定する。ライン分析のビーム径は０．５ｎｍ以下とし、スキャン間隔は０．５ｎｍとし、ライン分析の長さは５０ｎｍとする。

【００７３】

（Ａ６）ライン分析の結果が、以下の（ａ１）～（ａ２）を満たす場合、硬質粒子が第

10

20

30

40

50

1 単位層と第 2 単位層とが交互に積層された多層構造を含むことが確認される。

【0074】

(a1) 測定領域が、周期表の 4 族元素、5 族元素、及び 6 族元素からなる群より選ばれる 1 種以上の金属元素と、珪素と、炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、を含む。

【0075】

(a2) ライン分析の結果を、X 軸が測定開始点からの距離、Y 軸が金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ である座標系に示したグラフを作成する。該グラフにおいて、測定領域における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均 (以下、「平均」とも記す。
) を算出する。測定開始点からの距離の増加に伴い、該平均値よりも、 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ が大きい領域と小さい領域とが、交互に存在する。

10

【0076】

本実施形態における上記のグラフの一例を図 7 に示す。図 7 は、矢印方向に沿った金属元素 (チタン) の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の変化を示すグラフである。図 7 において、X 軸は、測定開始点から矢印の方向に沿う距離を示し、Y 軸は $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ を示す。図 7 において、測定領域における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均は、点線 L1 で示される。

【0077】

20

図 7 では、測定開始点からの距離の増加に伴い、上記平均値よりも、 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ が大きい領域 S1 と小さい領域 S2 とが、交互に存在する。従って、図 5 に示される硬質粒子では、第 1 単位層と第 2 単位層とが交互に積層された多層構造を含むことが確認される。

【0078】

同一の試料において測定する限りにおいては、上記 (a2) で特定される硬質粒子を変更して複数回行っても、測定結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定箇所を設定しても恣意的にはならないことが確認されている。

【0079】

上記の方法により、硬質粒子が第 1 単位層と第 2 単位層とが交互に積層された多層構造を含むことが確認される限り、本開示の効果が示されることが確認されている。

30

【0080】

以下、理解を容易にするために、上記の (a2) における「測定領域における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均よりも、 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ が大きい領域」を「第 1 単位層」とも記し、「測定領域における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均よりも、 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ が小さい領域」を「第 2 単位層」とも記す。

【0081】

(第 1 単位層及び第 2 単位層の組成)

第 1 単位層及び第 2 単位層のそれぞれにおいて、金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ は、0.5% 以上 10% 以下であることが好ましい。これによると、硬質粒子層の耐熱亀裂性、及び、硬質粒子層と隣接する層との密着性がバランス良く向上する。第 1 単位層及び第 2 単位層のそれぞれにおける $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の下限は、0.5% 以上が好ましく、0.7% 以上が好ましく、1.0% 以上が好ましく、1.2% 以上が好ましい。第 1 単位層及び第 2 単位層のそれぞれにおける $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の上限は、10.0% 以下が好ましく、8.0% 以下が好ましく、7.2% 以下が好ましく、7% 以下が好ましく、5% 以下が好ましい。第 1 単位層及び第 2 単位層のそれぞれにおける $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ は、0.5% 以上 8.0% 以下が好ましく、0.5% 以上 7.2% 以下が好ましく、0.7% 以上 7% 以下が好ましく、

40

50

1. 0%以上5. 0%以下が好ましい。

【0082】

第1単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ の下限は、1%以上が好ましく、1. 5%以上が好ましく、2. 0%以上が好ましく、5. 3%以上が好ましく、6. 0%以上が好ましい。第1単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ の上限は、10. 0%以下が好ましく、9. 0%以下が好ましく、8. 0%以下が好ましい。第1単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ は、耐熱性向上の観点から、1%以上10%以下が好ましく、1. 5%以上9. 0%以下が好ましく、2. 0%以上8. 0%以下が好ましく、5. 3%以上10. 0%以下が好ましく、6. 0%以上10. 0%以下が好ましい。い。第1単位層が厚み方向に組成が変化する構成を有する場合は、上記の $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ は、第1単位層における平均値を意味する。

10

【0083】

第2単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ の下限は、0. 1%以上が好ましく、0. 2%以上が好ましく、0. 5%以上が好ましい。第2単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ の上限は、2. 0%以下が好ましく、1. 5%以下が好ましく、1. 2%以下が好ましく、1. 0%以下が好ましい。第2単位層における金属元素の原子数 A_M と、珪素の原子数 A_{Si} との合計に対する、珪素の原子数 A_{Si} の百分率 $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ は、密着性向上の観点から、0. 1%以上2. 0%以下が好ましく、0. 5%以上2. 0%以下が好ましく、0. 2%以上1. 5%以下が好ましく、0. 5%以上1. 5%以下が好ましく、0. 5%以上1. 0%以下がより好ましい。第2単位層が厚み方向に組成が変化する構成を有する場合は、上記の $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ は、第2単位層における平均値を意味する。

20

【0084】

第1単位層における $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ と、第2単位層における $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ との差は、硬度向上の観点から、0. 5%以上10%以下が好ましく、1%以上9%以下が好ましく、2%以上8%以下が好ましく、4%以上8%以下が好ましい。

30

【0085】

第1単位層および第2単位層は、それぞれその厚み方向において、それぞれ単一の組成からなる構成を有していてもよく、それぞれ組成が変化する構成を有していてもよい。この場合、上記の第1単位層における $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ とは、ライン分析を行った領域中の第1単位層における $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ の平均を意味する。また、上記の第2単位層における $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ とは、ライン分析を行った領域中の第2単位層における $\{A_{Si}/(A_{Si}+A_M)\} \times 100$ の平均を意味する。

40

【0086】

同一の試料において測定する限りにおいては、上記(A2)で特定される硬質粒子を変更して複数回行って、測定結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定箇所を設定しても恣意的にはならないことが確認されている。

【0087】

(多層構造の平均組成)

多層構造の平均組成は、上記(A5)のライン分析の結果に基づき、ライン分析を行った領域の平均組成を算出することにより得られる。

【0088】

50

ライン分析を行った領域における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均は、耐熱性向上の観点から、1 % 以上 8 % 以下が好ましく、1.5 % 以上 7.5 % 以下がより好ましく、2 % 以上 5 % 以下がより好ましい。

【0089】

本明細書において、上記の $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100$ の平均は、隣接する3つの硬質粒子に対してライン分析を行って得られた値の平均を意味する。

【0090】

(第1単位層及び第2単位層の結晶方位)

第1単位層と第2単位層とは、同一の結晶方位を有することが好ましい。これによると、界面エネルギーが抑えられる。該結晶方位は、例えば、 $\{311\}$ 、 $\{211\}$ 、 $\{110\}$ 、 $\{100\}$ 、 $\{111\}$ などが挙げられる。本明細書中の結晶学的記載においては、 $\{ \}$ は集合面を示している。

10

【0091】

第1単位層と第2単位層とが同一の結晶方位を有することは、以下の手順で確認される。上記(A1)～(A4)と同様の方法で、図6に示されるような電子回折像を得る。該電子回折像が単一結晶からの回折像となっている場合、第1単位層と第2単位層とが同一の結晶方位を有すると判断される。

【0092】

(多層構造の周期幅)

本実施形態における多層構造の周期幅の平均は、単位層間の歪みを維持し、耐欠損を向上させる観点から、2 nm 以上 20 nm 以下が好ましく、4.1 nm 以上 17.7 nm 以下が好ましく、3 nm 以上 15 nm 以下が好ましく、5 nm 以上 10 nm 以下が好ましい。ここで、多層構造の周期幅とは、1つの第1単位層から、該1つの第1単位層に隣接する第2単位層を挟んで隣接する他の第1単位層までの距離をいう。なお、この距離は、第1単位層および他の第1単位層の各層の厚み方向の中点を結ぶ距離とする。多層構造の周期幅の平均とは、上記(A3)で設定した測定領域内で測定された全ての多層構造の周期幅の平均を意味する。

20

【0093】

本明細書において、珪素の濃度の周期幅の測定方法は以下の通りである。上記(A1)～(A3)と同様の方法で測定領域を設定する。該測定領域に対してフーリエ変換を行い、フーリエ変換像を得る。図5に示された領域Aに対してフーリエ変換を行って得られるフーリエ変換像を図8に示す。該フーリエ変換像において、測定領域内の周期性はスポットとして現れる。周期幅は、上記スポットと、フーリエ変換像において最大強度を示す画像中央との間の距離の逆数を計算することにより算出される。

30

【0094】

同一の試料において測定する限りにおいては、測定箇所を変更して複数回行っても、測定結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定箇所を設定しても恣意的にはならないことが確認されている。

【0095】

多層構造層を構成する第1単位層及び第2単位層の積層数(合計積層数)は、特に限定されるものではないが、例えば、10層以上1000層以下とすることが好ましい。積層数が10層以上であると、各単位層における結晶粒の粗大化が抑制され、硬質粒子の硬度を維持することができる。一方、積層数が1000層以下であると、各単位層の厚さを十分に確保することができ、単位層同士の混合を抑制することができる。

40

【0096】

<下地層>

被膜は、前記基材と前記硬質粒子層との間に配置される下地層を備え、該下地層は、第3化合物からなり、該第3化合物は、

周期表の4族元素、5族元素、6族元素及びアルミニウムからなる群より選ばれる1種以上の元素と、

50

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、からなることが好ましい。

これによると、被膜と基材との密着性が向上し、耐摩耗性も向上する。

【0097】

下地層として、基材の直上にTiN層、TiC層、TiCN層又はTiBN層を配置することにより、基材と被膜との密着性を高めることができる。下地層としてAl₂O₃層を用いることにより、被膜の耐酸化性を高めることができる。下地層は、平均厚さが0.1 μm以上20 μm以下であることが好ましい。これによると、被膜は優れた耐摩耗性及び耐欠損性を有することができる。

【0098】

<表面層>

被膜は、その最表面に配置される表面層を備え、該表面層は、第4化合物からなり、該第4化合物は、

周期表の4族元素、5族元素、6族元素及びアルミニウムからなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、

炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素と、からなることが好ましい。これによると、被膜の耐熱亀裂性及び耐摩耗性が向上する。

【0099】

表面層は、被膜において最も表面側に配置される層である。ただし、刃先稜線部においては形成されない場合もある。表面層は、硬質粒子層上に他の層が形成されていない場合、硬質粒子層の直上に配置される。

【0100】

表面層としては、TiN層又はAl₂O₃層が挙げられる。TiN層は色彩が明瞭（金色を呈する）であるため、表面層として用いると、切削使用後の切削チップのコーナー識別（使用済み部位の識別）が容易であるという利点がある。表面層としてAl₂O₃層を用いることにより、被膜の耐酸化性を高めることができる。

【0101】

表面層は、平均厚さが0.05 μm以上1 μm以下であることが好ましい。これによると、表面層と、隣接する層との密着性が向上する。

【0102】

<中間層>

中間層は、下地層と硬質粒子層との間に配置される層である。下地層がTiN層の場合、中間層はTiCN層であることが好ましい。TiCN層は耐摩耗性に優れるため、被膜により好適な耐摩耗性を付与することができる。中間層は、平均厚さが1 μm以上20 μm以下であることが好ましい。

【0103】

[実施形態2：切削工具の製造方法]

本実施形態の切削工具の製造方法について図10を用いて説明する。図10は、本実施形態の切削工具の製造に用いられるCVD装置の一例の概略的な断面図である。

【0104】

本実施形態の切削工具の製造方法は、実施形態1に記載の切削工具の製造方法であって、基材を準備する第1工程と、

該基材上に被膜を形成して切削工具を得る第2工程と、を備え、

該第2工程は、CVD法により硬質粒子からなる硬質粒子層を形成する第2a工程を含み、

該第2a工程は、第1原料ガス、第2原料ガス及び第3原料ガスを該基材の表面に向かって噴出する第2a-1工程を含み、

該第1原料ガスは、周期表の4族元素、5族元素及び6族元素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

該第2原料ガスは、SiCl₄であり、

10

20

30

40

50

該第 3 原料ガスは、炭素、窒素、硼素及び酸素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含み、

該第 1 原料ガスは、ノズルに設けられた複数の第 1 噴射孔から噴出され、

該第 2 原料ガスは、該ノズルに設けられた複数の第 2 噴射孔から噴出され、

該第 3 原料ガスは、該ノズルに設けられた複数の第 3 噴射孔から噴出され、

該第 2 a - 1 工程において、該ノズルは回転し、

該複数の第 2 噴射孔は、第 2 - 1 噴射孔と、第 2 - 2 噴射孔と、を含み、

該第 2 - 1 噴射孔の径 r_1 は、該第 2 - 2 噴射孔の径 r_2 と異なる、切削工具の製造方法である。

【 0 1 0 5 】

10

(第 1 工程)

第 1 工程において、基材を準備する。基材の詳細は、実施形態 1 に記載されているため、その説明は繰り返さない。

【 0 1 0 6 】

(第 2 工程)

次に、第 2 工程において、上記基材上に被膜を形成して切削工具を得る。被膜の形成は、例えば図 10 に示される C V D 装置を用いて行う。C V D 装置 50 内には、基材 10 を保持した基材セット治具 52 を複数設置することができ、これらは耐熱合金鋼製の反応容器 53 でカバーされる。また、反応容器 53 の周囲には調温装置 54 が配置されており、この調温装置 54 により、反応容器 53 内の温度を制御することができる。

20

【 0 1 0 7 】

C V D 装置 50 には、3 つの導入口 55、57 (他の一つの導入口は図示せず) を有するノズル 56 が配置されている。ノズル 56 は、基材セット治具 52 が配置される領域を貫通するように配置されている。ノズル 56 の基材セット治具 52 近傍の部分には複数の噴射孔 (第 1 噴射孔 61、第 2 噴射孔 62、第 3 噴射孔 (図示せず)) が形成されている。

【 0 1 0 8 】

図 10 において、導入口 55、57、及び、他の一つの導入口 (図示せず) からノズル 56 内に導入された各ガスは、ノズル 56 内においても混合されことなく、それぞれ異なる噴射孔を経て、反応容器 53 内に導入される。このノズル 56 は、その軸を中心軸として回転することができる。また、C V D 装置 50 には排気管 59 が配置されており、排気ガスは排気管 59 の排気口 60 から外部へ排出することができる。なお、反応容器 53 内の治具類等は、通常黒鉛により構成される。

30

【 0 1 0 9 】

被膜が下地層、中間層及び / 又は表面層を含む場合は、これらの層は従来公知の方法で形成することができる。

【 0 1 1 0 】

(第 2 a 工程)

第 2 工程は、C V D 法により硬質粒子からなる硬質粒子層を形成する第 2 a 工程を含み、該第 2 a 工程は、第 1 原料ガス、第 2 原料ガス及び第 3 原料ガスを該基材の表面に向かって噴出する第 2 a - 1 工程を含む。

40

【 0 1 1 1 】

第 1 原料ガスは、周期表の 4 族元素、5 族元素及び 6 族元素からなる群より選ばれる 1 種以上の元素を含む。第 1 原料ガスは、例えば、周期表の 4 族元素、5 族元素または 6 族元素の塩化物ガスである。より具体的には、 $TiCl_4$ 、 $ZrCl_4$ 、 VCl_4 、 $CrCl_3$ 、及び、これらの 2 種類以上を含む混合ガスが挙げられる。第 2 原料ガスは、 $SiCl_4$ である。第 3 原料ガスは、例えば、 CH_3CN 、 CH_4 、 N_2 、 NH_3 、 BCl_3 、 H_2O 、及び、これらの 2 種類以上を含む混合ガスである。

【 0 1 1 2 】

第 1 原料ガスは、ノズルに設けられた複数の第 1 噴射孔から噴出され、第 2 原料ガスは、該ノズルに設けられた複数の第 2 噴射孔から噴出され、第 3 原料ガスは、ノズルに設け

50

られた複数の第3噴射孔から噴出される。具体的には、第1原料ガスは、ノズルの導入口55からノズル56内に導入され、複数の第1噴射孔61から噴出される。第2原料ガスは、ノズルの導入口57からノズル56内に導入され、複数の第2噴射孔62から噴出される。第3原料ガスは、ノズルの導入口(図示せず)からノズル56内に導入され、複数の第3噴射孔(図示せず)から噴出される。

【0113】

該第2a-1工程において、該ノズルは回転し、複数の第2噴射孔は、第2-1噴射孔と、第2-2噴射孔と、を含み、該第2-1噴射孔の径 r_1 は、該第2-2噴射孔の径 r_2 と異なる。これによると、硬質粒子は、第1単位層と第2単位層とを含む多層構造であって、第1単位層における金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率と、第2単位層における金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率とが異なる、多層構造を含むことができる。以下では理解を容易にするために、 $r_1 < r_2$ として説明する。

10

【0114】

第2-1噴射孔の径 r_1 は、0.5mm以上3mm以下が好ましく、1mm以上2.5mm以下がより好ましく、1.5mm以上2mm以下が更に好ましい。第2-2噴射孔の径 r_2 は、1mm以上4mm以下が好ましく、1.5mm以上3.5mm以下がより好ましく、2mm以上3mm以下が更に好ましい。

【0115】

第2-1噴射孔の径 r_1 と、第2-2噴射孔の径 r_2 との比 r_1/r_2 の下限は、0.125以上が好ましく、0.2以上がより好ましく、0.5以上が更に好ましい。 r_1/r_2 の上限は、1未満が好ましく、0.8以下が好ましく、0.6以下が好ましい。 r_1/r_2 は、0.125以上1未満が好ましく、0.2以上0.8以下が好ましく、0.5以上0.6以下が好ましい。

20

【0116】

本工程において、反応容器内の基材温度は700～900の範囲が好ましく、反応容器内の圧力は0.1～13kPaであることが好ましい。また、キャリアガスとして、 H_2 ガス、 N_2 ガス、Arガスなどを用いることができる。第1単位層及び第2単位層の組成は、原料ガスの混合割合、並びに、第2-1噴射孔の径 r_1 と第2-2噴射孔の径 r_2 との比 r_1/r_2 によって制御することができる。硬質粒子層の厚みは、原料ガスの流量と、成膜時間とを調節することによって制御することができる。第1単位層及び第2単位層のそれぞれの厚み、これらの積層周期、積層数はノズルの回転速度と、成膜時間とを調節することによって制御することができる。

30

【0117】

硬質粒子層の形成中、反応ガスの総ガス流量は、例えば、70～90L/分とすることができる。ここで「総ガス流量」とは、標準状態(0℃、1気圧)における気体を理想気体とし、単位時間当たりにCVD炉に導入された全容積流量を示す。

【0118】

(その他の工程)

次に、被膜が形成された基材10を冷却する。冷却速度は、例えば、5/minを超えることはなく、また、その冷却速度は基材10の温度が低下するにつれて遅くなる。

40

【0119】

なお、上記の工程に加えて、アニーリングなどの熱処理工程、表面研削、ショットブラストなどの表面処理工程を行うことができる。

【0120】

上述の製造方法により、実施形態1の切削工具を得ることができる。

【実施例】

【0121】

本実施の形態を実施例によりさらに具体的に説明する。ただし、これらの実施例により本実施の形態が限定されるものではない。

50

【 0 1 2 2 】

< 基材の準備 (第 1 工程) >

以下の表 1 に記載の基材 A を準備した。具体的には、まず、表 1 に記載の配合組成 (質量 %) からなる原料粉末を均一に混合して混合粉末を得た。表 1 中の「残り」とは、WC が配合組成 (質量 %) の残部を占めることを示している。次に、混合粉末を S E M T 1 3 T 3 A G S R - G (住友電工ハードメタル社製の刃先交換型切削チップ) の形状に加圧成形した後、1 3 0 0 ~ 1 5 0 0 で 1 ~ 2 時間焼結することにより、超合金製の基材 A を得た。基材 A の形状は S E M T 1 3 T 3 A G S R - G である。

【 0 1 2 3 】

【表 1】

Table 1

種類	配合組成(質量%)			
	Co	NbC	TaC	WC
基材 A	10	0.1	2	残り

10

【 0 1 2 4 】

< 被膜の形成 (第 2 工程) >

上記で得られた基材 A に対してその表面に被膜を形成した。具体的には、図 1 0 に示される C V D 装置を用い、基材を基材セット治具にセットし、熱 C V D 法を行うことにより、基材上に被膜を形成した。各試料の被膜の構成を表 2 に示す。表 2 の「-」で示される欄は、層が存在しないことを意味する。

20

【 0 1 2 5 】

【表 2】

Table 2

試料 No.	基材種類	被膜の構成および各層の厚さ				被膜全体の厚さ (μm)
		下地層	中間層	硬質粒子層	表面層	
		TiN (μm)	TiCN (μm)	成膜条件 (厚さ(μm))	Al ₂ O ₃ (μm)	
1	A	1.0	2.2	A(4.5)	-	7.7
4	A	1.2	1.7	D(4.5)	-	7.4
5	A	1.0	1.8	E(4.0)	-	6.8
6	A	0.9	2.0	F(4.7)	-	7.6
7	A	1.1	2.3	G(4.2)	-	7.6
8	A	-	-	A(7.0)	-	7.0
9	A	-	-	A(3.0)	-	3.0
10	A	1.0	4.5	A(15.0)	9.5	30.0
11	A	1.5	-	A(9.7)	1.5	12.2
12	A	1.8	-	D(10.7)	-	12.5
13	A	1.8	-	E(8.9)	1.0	11.7
14	A	1.5	-	F(11.3)	-	12.8
15	A	1.7	-	G(9.9)	-	11.6
1-1	A	1.1	2.0	X(4.7)	-	7.8
1-2	A	1.5	-	X(11.5)	-	13.0
1-3	A	-	-	Y(7.5)	-	7.5
1-4	A	-	-	Y(13.0)	-	13.0

30

40

【 0 1 2 6 】

50

表 2 に示される下地層 (TiN 層)、中間層 (TiCN 層) 及び表面層 (Al_2O_3 層) は、従来公知の CVD 法によって形成された層であり、その成膜条件は表 3 に示す通りである。たとえば、表 3 の「TiN (下地層)」の行には、下地層としての TiN 層の成膜条件が示されている。表 3 の TiN 層 (下地層) の記載は、CVD 装置の反応容器内 (反応容器内圧力 6.7 kPa、基材温度 915) に基材を配置し、反応容器内に 2.0 体積%の $TiCl_4$ ガス、39.7 体積%の N_2 ガスおよび残り (58.3 体積%) の H_2 ガスからなる混合ガスを 63.8 L/分の流量で噴出することにより、TiN 層が形成されることを意味している。なお、各成膜条件によって形成される各層の厚さは、各反応ガスを噴出する時間によって制御した。

【0127】

【表 3】

Table 3

被膜の構成	成膜条件	反応雰囲気		
		反応容器内圧力 (kPa)	基材温度 (°C)	総ガス流量 (L/分)
TiN(下地層)	$TiCl_4=2.0$, $N_2=39.7$, $H_2=$ 残り	6.7	915	63.8
TiN(最外層)	$TiCl_4=0.5$, $N_2=41.2$, $H_2=$ 残り	79.8	980	45.9
TiCN	$TiCl_4=2.0$, $CH_3CN=0.7$, $H_2=$ 残り	9.0	860	50.5
TiCNO	$TiCl_4=2.1$, $CO=3.2$, $CH_4=2.8$, $N_2=23.7$, $H_2=$ 残り	16.0	1030	70.5
Al_2O_3	$AlCl_3=1.6$, $CO_2=4.5$, $H_2S=0.2$, $HCl=3.5$, $H_2=$ 残り	6.7	1000	46.2

【0128】

表 2 の硬質粒子層欄の成膜条件 A、D ~ G、X 及び Y は、表 4 の成膜条件 A、D ~ G、表 5 の成膜条件 X 及び Y に対応する。たとえば、試料 1 の硬質粒子層は、表 4 の成膜条件 A で形成された層であることを示し、括弧内の数値は硬質粒子層の厚さが 4.5 μm であることを意味している。

【0129】

10

20

30

40

50

【表 4】

Table 4

成膜条件		A	D	E	F	G
成膜方法		CVD	CVD	CVD	CVD	CVD
温度(°C)		800	850	850	800	800
圧力(kPa)		9.0	6.5	9.0	9.0	9.0
反応ガス組成 (体積%)	SiCl ₄	1	0.5	0.7	0.7	0.7
	TiCl ₄	1	1.5	1.0	1.0	1.0
	ZrCl ₄	—	—	0.2	—	—
	VCl ₄	—	—	—	0.2	—
	CrCl ₃	—	—	—	—	0.1
	CH ₃ CN	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4
	BCl ₃	—	0.005	—	—	—
	H ₂	残り	残り	残り	残り	残り
噴射孔の径Φ(mm) r1/r2		1.5/2.5	1.5/2.5	1.5/2.5	1.5/2.5	1.5/2.5
回転速度(rpm)		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

10

20

【0130】

(成膜条件A、成膜条件D～G)

成膜条件A、成膜条件D～Gでは、図10に示されるCVD装置を用いて硬質粒子層を形成する。CVD装置のノズルには、第1噴射孔、第2噴射孔(第2-1噴射孔及び第2-2噴射孔)及び第3噴射孔が設けられている。各成膜条件で用いられるCVD装置のノズルにおける第2-1噴射孔の径φr1及び第2-2噴射孔の径φr2を、表4の「噴射孔の径φ(mm)r1/r2」欄に示す。たとえば、成膜条件Aでは、第2-1噴射孔の径φr1は1.5mmであり、第2-2噴射孔の径φr2は2.5mmである。該ノズルは、成膜中に回転する。

30

【0131】

成膜条件A、成膜条件D～Gでは、初めに、CVD装置の反応容器内圧力を表4の「圧力(kPa)」欄に記載の圧力、及び、基材温度を表4の「温度()」欄に記載の温度に設定する。例えば、成膜条件Aでは、CVD装置の反応容器内圧力を9.0kPa、及び、基材温度を800℃に設定する。

【0132】

次に、反応容器内に表4の「反応ガス組成(体積%)」欄に記載の成分を含む反応ガスを導入して、基材上に硬質粒子層を形成する。表4中の「残り」とは、H₂ガスが反応ガス組成(体積%)の残部を占めることを示している。反応ガスのうち、TiCl₄、ZrCl₄、VCl₄及びCrCl₃は第1原料ガスであり、SiCl₄は第2原料ガスであり、CH₃CN及びBCl₃は第3原料ガスである。H₂は、総ガス流量を調整するために、第3原料ガスに混合される。

40

【0133】

成膜条件A、成膜条件D～Gでは、反応ガスの総ガス流量は、80L/分である。「総ガス流量」とは、標準状態(0℃、1気圧)における気体を理想気体とし、単位時間当たりCVD炉に導入された全容積流量を示す。例えば、成膜条件Aで用いる反応ガスは、SiCl₄ガスを1体積%、TiCl₄ガスを1体積%、CH₃CNガス0.5体積%及びH₂ガス(残り、97.5体積%)からなる。

50

【 0 1 3 4 】

成膜中のノズルの回転速度は、表 4 の「回転速度 (r p m) 」欄に示すとおりである。
例えば、成膜条件 A では、ノズルの回転速度は 2 . 0 r p m である。

【 0 1 3 5 】

その後、基材を冷却する。

【 0 1 3 6 】

(成膜条件 X)

成膜条件 X では、従来の C V D 装置を用いて硬質粒子層を形成する。C V D 装置のノズルの噴射孔の径 ϕ は全て同一で、1 0 m m である。該ノズルは、成膜中に回転しない。

【 0 1 3 7 】

成膜条件 X では、初めに、C V D 装置の反応容器内圧力を 6 k P a、及び、基材温度を 8 0 0 に設定する。

【 0 1 3 8 】

次に、反応容器内に表 5 の「反応ガス組成 (体積 %) 」欄に記載の成分を含む反応ガス (S i C l ₄ : 0 . 8 4 体積 %、T i C l ₄ : 0 . 1 7 体積 %、C H ₃ C N : 0 . 3 2 体積 %、H ₂ : 残り) を導入して、基材上に T i S i C N 層 (硬質粒子層) を形成する。反応ガスの総ガス流量は 8 0 L / 分である。その後、基材を冷却する。

【 0 1 3 9 】

(成膜条件 Y)

成膜条件 Y では、従来の P V D 法により硬質粒子層を形成する。成膜条件 Y の具体的な条件は、表 5 の「成膜条件 Y 」の列に示す通りである。

【 0 1 4 0 】

上記により、：試料 1、試料 4 ~ 試料 1 5 (実施例に該当) 及び試料 1 - 1 ~ 試料 1 - 4 (比較例に該当) の切削工具を得た。

【 0 1 4 1 】

【 表 5 】

Table 5

成膜条件		X	成膜条件	Y
形成方法		従来 CVD	形成方法	従来 PVD
温度(°C)		800	温度(°C)	500
圧力(kPa)		6	圧力(kPa)	0.03
反応ガス組成 (体積%)	SiCl ₄	0.84	ターゲット金属組成	Ti/Si=80/20
	TiCl ₄	0.17	アーク電流(A)	150
	ZrCl ₄	—	バイアス電圧(V)	-200
	VCl ₄	—	N ₂ /CH ₄ ガス比	1/1
	CrCl ₃	—		
	CH ₃ CN	0.32		
	BCl ₃	—		
	H ₂	Balance		
ノズル径 ϕ (mm)		10		
回転速度(rpm)		—		

【 0 1 4 2 】

< 硬質粒子層の特徴 >

(硬質粒子層の構造)

成膜条件 A、成膜条件 D ~ G により得られた被膜の硬質粒子層を明視野走査電子顕微鏡 (BF-SEM) で観察したところ、硬質粒子層は複数の硬質粒子からなり、該硬質粒子内に多層構造が確認された。成膜条件 A、成膜条件 D ~ G により得られた硬質粒子層の多層構造は、金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率の大きい層 (第 1 単位層) と、金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率の小さい層 (第 2 単位層) とが交互に積層されて形成されていることが確認された。

【0143】

成膜条件 A、成膜条件 D ~ G により得られた硬質粒子層中の第 1 単位層と第 2 単位層とは、同一の結晶方位を有することが確認された。

【0144】

成膜条件 X により得られた硬質粒子 (TiCN) 層を明視野走査電子顕微鏡 (BF-SEM) で観察したところ、均一な組織であり、周期的な変化は確認されなかった。

【0145】

成膜条件 Y により得られた硬質粒子層を明視野走査電子顕微鏡 (BF-SEM) で観察したところ、ナノコンボジット構造が確認された。

【0146】

(多層構造の平均組成、第 1 単位層における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100 (\%)$ 、第 2 単位層における $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100 (\%)$)

各成膜条件により得られた硬質粒子層について、多層構造の平均組成、第 1 単位層における金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率 ($Si / Me + Si (\%)$)、及び、第 2 単位層における金属元素及び珪素の原子数の合計に対する珪素の原子数の百分率 ($\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100 (\%)$) を測定した。具体的な測定方法は実施形態 1 に記載の通りであるため、その説明は繰り返さない。結果を表 6 の「平均組成」、「第 1 単位層 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100 (\%)$ 」及び「第 2 単位層 $\{A_{Si} / (A_{Si} + A_M)\} \times 100 (\%)$ 」欄に示す。なお、「-」の表記は、測定を行わなかったことを示す。

【0147】

(周期幅)

各成膜条件により得られた硬質粒子層において、多層構造の周期幅の平均を測定した。具体的な測定方法は実施形態 1 に記載の通りであるため、その説明は繰り返さない。結果を表 6 の「周期幅平均 (nm)」欄に示す。なお、「-」の表記は、測定を行わなかったことを示す。

【0148】

10

20

30

40

50

【表 6】

Table 6

成膜条件	A	D		
平均組成	$\text{Ti}_{0.93}\text{Si}_{0.07}\text{C}_{0.55}\text{N}_{0.45}$	$\text{Ti}_{0.97}\text{Si}_{0.03}\text{C}_{0.54}\text{N}_{0.44}\text{B}_{0.02}$		
第 1 単位層 $\{A_{\text{Si}}/(A_{\text{Si}}+A_{\text{M}})\} \times 100$ (%)	10.0	6.4		
第 2 単位層 $\{A_{\text{Si}}/(A_{\text{Si}}+A_{\text{M}})\} \times 100$ (%)	2.0	1.2		
周期幅平均(nm)	7.1	5.5		
成膜条件	E	F	G	X
平均組成	$\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.07}\text{Si}_{0.03}\text{C}_{0.56}\text{N}_{0.44}$	$\text{Ti}_{0.89}\text{V}_{0.08}\text{Si}_{0.03}\text{C}_{0.57}\text{N}_{0.43}$	$\text{Ti}_{0.90}\text{Cr}_{0.08}\text{Si}_{0.02}\text{C}_{0.53}\text{N}_{0.47}$	$\text{Ti}_{0.80}\text{Si}_{0.20}\text{C}_{0.57}\text{N}_{0.43}$
第 1 単位層 $\{A_{\text{Si}}/(A_{\text{Si}}+A_{\text{M}})\} \times 100$ (%)	6.5	7.2	5.3	—
第 2 単位層 $\{A_{\text{Si}}/(A_{\text{Si}}+A_{\text{M}})\} \times 100$ (%)	1.3	1.5	0.5	—
周期幅平均(nm)	6.2	7.9	8.3	—

10

20

【 0 1 4 9 】

< 切削試験 1 >

試料 1、試料 4 ~ 試料 1 0 及び試料 1 - 1 及び試料 1 - 3 の切削工具を用いて、以下の切削条件にて切削を行い、工具刃先が欠損状態となるまでの切削距離を測定した。以下の切削条件は、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工（ドライ加工）に該当する。切削距離が長いもの程、工具寿命が長いことを示す。結果を表 7 に示す。

【 0 1 5 0 】

< 切削条件 >

被削材：S U S 6 3 0 / H 9 0 0 ブロック材（寸法：3 0 0 m m × 1 5 0 m m × 5 0 m m ）

30

カッター：W G X 1 3 1 0 0 R S （住友電工ハードメタル社製）

インサート：S E M T 1 3 T 3 A G S R - G

切削速度 V_c ：3 0 0 m / m i n

1 刃当たりの送り F_z ：0 . 1 m m / t

切込み深さ A_p ：1 . 0 m m

切削幅 A_e ：7 5 m m

切削液：なし（D r y ）

【 0 1 5 1 】

40

50

【表 7】

Table 7

試料 No.	切削距離(m)
1	30
4	33
5	35
6	23
7	38
8	18
9	20
10	15
1-1	15
1-3	10

10

【0152】

(評価1)

20

試料1、試料4～試料10（実施例）は、試料1-1及び試料1-3（比較例）に比べて、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工（ドライ加工）において、切削距離が長く、工具寿命が長いことが確認された。これは、試料1、試料4～試料10では、硬質粒子が多層構造を含むため、耐熱亀裂進展性及び耐剥離性が向上したためと推察される。

【0153】

<切削試験2>

試料11～試料15及び試料1-2及び試料1-4の切削工具を用いて、以下の切削条件にて切削を行い、工具刃先が欠損状態となるまでの切削距離を測定した。以下の切削条件は、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工（ウェット加工）に該当する。切削距離が長いもの程、耐熱性に優れ、工具寿命が長いことを示す。結果を表8に示す。

30

【0154】

<切削条件>

被削材：SUS640/H900 ブロック材（寸法：300mm×150mm×50mm）

カッター：WGX13100RS（住友電工ハードメタル社製）

インサート：SEMT13T3AGSR-G

切削速度 V_c ：150m/min

1刃当たりの送り f_z ：0.3mm/t

切込み深さ a_p ：1.0mm

切削幅 a_e ：75mm

切削液：WET

40

【0155】

50

【表 8】
Table 8

試料 No.	切削距離(m)
11	23
12	18
13	17
14	18
15	15
1-2	5
1-4	13

10

【 0 1 5 6 】
(評価 2)

試料 1 1 ~ 試料 1 5 (実施例) は、試料 1 - 2 及び試料 1 - 4 (比較例) に比べて、高硬度耐熱ステンレスのフライス加工 (ウェット加工) において、切削距離が長く、工具寿命が長いことが確認された。これは、試料 1 1 ~ 試料 1 5 では、硬質粒子が多層構造を含むため、耐熱亀裂進展性及び耐剥離性が向上したためと推察される。

20

【 0 1 5 7 】

以上のように本開示の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせたり、様々に変形することも当初から予定している。

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態および実施例ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【 符号の説明 】

30

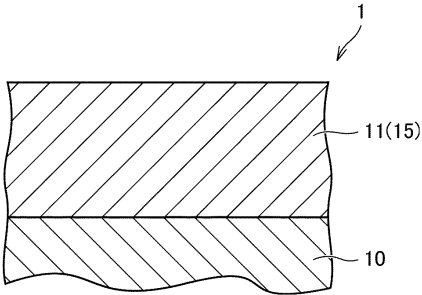
【 0 1 5 8 】

1 , 2 1 , 3 1 , 4 1 切削工具、 1 0 基材、 1 1 硬質粒子層、 1 2 下地層、 1 3 表面層、 1 4 中間層、 1 5 , 2 5 , 3 5 , 4 5 被膜、 5 0 C V D 装置、 5 2 基材セット治具、 5 3 反応容器、 5 4 調温装置、 5 5 , 5 7 導入口、 5 6 ノズル、 5 9 排気管、 6 0 排気口、 6 1 第 1 噴射孔、 6 2 第 2 噴射孔

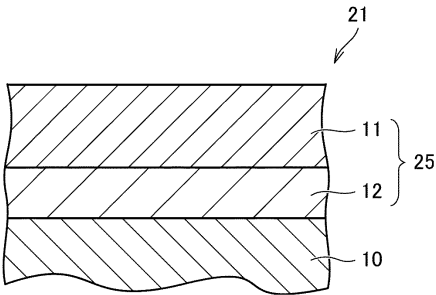
40

50

【図面】
【図 1】
FIG.1

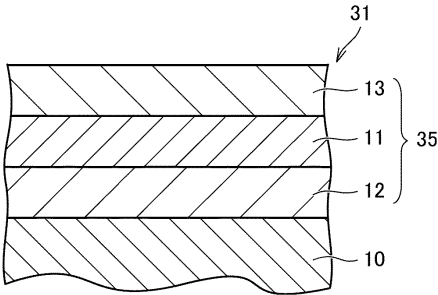


【図 2】
FIG.2

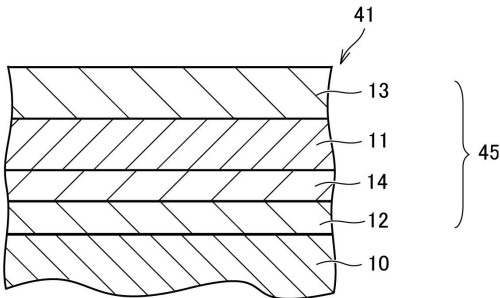


10

【図 3】
FIG.3



【図 4】
FIG.4



20

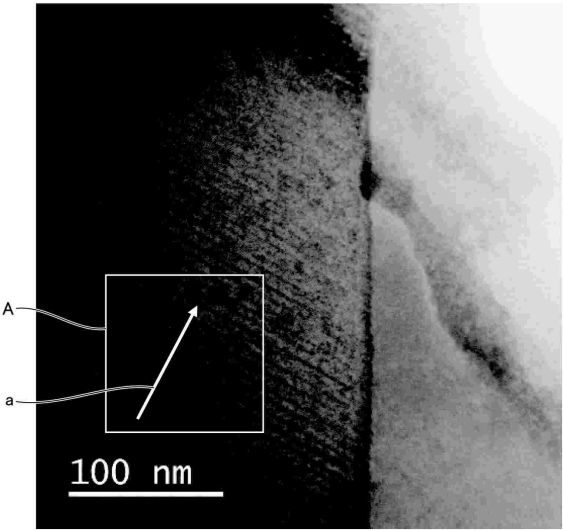
30

40

50

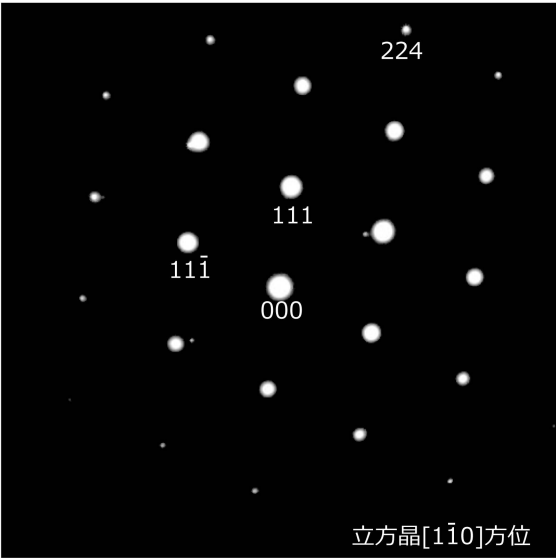
【 図 5 】

FIG.5



【 図 6 】

FIG.6

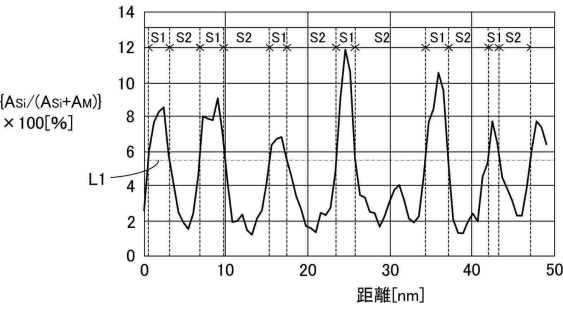


10

20

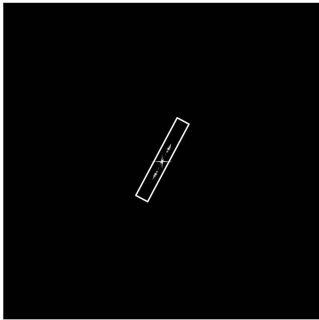
【 図 7 】

FIG.7



【 図 8 】

FIG.8



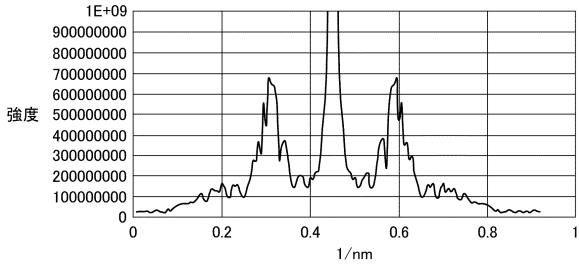
30

40

50

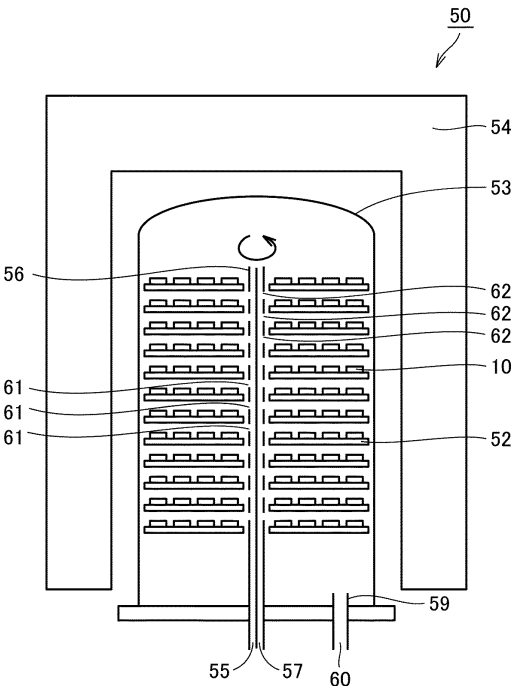
【 図 9 】

FIG.9



【 図 1 0 】

FIG.10



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 倉持 幸治

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 住友電気工業株式会社内

審査官 山本 忠博

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 2 3 9 6 5 4 (W O , A 1)

特開 2 0 1 8 - 0 9 4 6 7 0 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 3 0 7 3 2 3 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

B 2 3 B 2 7 / 1 4 , 5 1 / 0 0 ;

B 2 3 C 5 / 1 6 ;

B 2 3 P 1 5 / 2 8 ;

C 2 3 C 1 4 / 0 0 - 1 4 / 5 8 , 1 6 / 0 0 - 1 6 / 5 6